

## KARAKTERISASI INGOT PADUAN U-7Mo-Zr HASIL PROSES PELEBURAN MENGGUNAKAN TUNGKU BUSUR LISTRIK

**Slamet P dan Yatno D.A.S.**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

**KARAKTERISASI INGOT PADUAN U-7Mo-Zr HASIL PROSES PELEBURAN MENGGUNAKAN TUNGKU BUSUR LISTRIK.** Telah dilakukan percobaan karakterisasi paduan U-7Mo-xZr ( $x = 1\%$ ,  $2\%$ ,  $3\%$ ) dalam rangka pengembangan bahan bakar dispersi U-7Mo-Zr/Al dengan uranium pengayaan  $<20\%$   $U^{235}$ . Ingot paduan U-7Mo-xZr yang dikarakterisasi merupakan hasil peleburan menggunakan tungku busur listrik dalam media gas argon. Proses karakterisasi dilakukan dengan cara pengujian strukturmikro menggunakan mikroskop optik digital dan pengujian kekerasan menggunakan alat *Vickers*. Hasil uji metalografi menunjukkan bahwa pada bagian tepi ingot mempunyai butir berbentuk dendrit yang memanjang dan bercabang, sedangkan pada bagian tengah butiran cenderung bulat dan seragam. Hasil uji kekerasan terhadap paduan U-7Mo-xZr ( $x = 1\%$ ,  $2\%$ ,  $3\%$ ) berturut-turut adalah 294,6 VHN, 314,6 VHN dan 334,6 VHN.

Kata kunci: ingot, U-7Mo-Zr/Al, tungku busur listrik

### PENDAHULUAN

Penelitian dan pengembangan teknologi bahan bakar reaktor riset di dunia sejak tahun 1978 diarahkan penggunaan material baru yang memiliki berat jenis tinggi. Hal ini merupakan konsekuensi dari himbauan pengalihan penggunaan uranium dari pengayaan tinggi ( $U^{235} > 90\%$ ) ke pengayaan rendah ( $U^{235} < 20\%$ ). Menggunakan uranium pengayaan rendah dalam bahan bakar pada desain volume bahan bakar tetap maka akan menurunkan jumlah isotop  $U^{235}$  nya. Penurunan jumlah  $U^{235}$  di dalam bahan bakar menyebabkan waktu penggunaan sebagai bahan bakar di dalam reaktor menjadi pendek dan kurang ekonomis. Untuk mempertahankan jumlah  $U^{235}$  minimal sama dengan bahan bakar dengan uranium pengayaan tinggi, maka bahan yang sesuai adalah menggunakan paduan uranium. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) – BATAN memiliki tugas dan fungsi penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir, baik untuk reaktor riset maupun reaktor daya. Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) di Serpong menggunakan bahan bakar dispersi tipe pelat  $U_3Si_2/Al$  dengan uranium pengayaan  $\pm 19,75\%$   $U^{235}$  dan densitas uranium  $2,96\text{gU/cm}^3$ . Bahan bakar tersebut merupakan hasil litbang PTBN-BATAN yang telah ditingkatkan ke skala produksi oleh PT. Batan Teknologi

(persero). Stabilitas iradiasi bahan bakar  $U_3Si_2/Al$  selama digunakan sebagai bahan bakar di dalam reaktor sangat baik, namun densitas uranium maksimum yang dapat dicapai hanya sekitar  $4,8 \text{ gU/cm}^3$ , sehingga waktu penggunaan di dalam reaktor pendek. Selain itu olah ulang gagal proses produksi dan bahan bakar pasca iradiasi sulit dilakukan sehingga kurang ekonomis<sup>[1]</sup>. Berkaitan dengan perihal tersebut, maka penelitian bahan bakar dengan material yang memiliki densitas tinggi terus dilakukan. Beberapa paduan uranium yang dikembangkan untuk menggantikan bahan bakar  $U_3Si_2/Al$  diantaranya adalah paduan UMo, UMoSi, UMoZr dan UZrNb<sup>[2]</sup>.

Pada kegiatan ini, dilakukan percobaan pembuatan ingot paduan U-7Mo-Zr dan pengujiannya. Ingot paduan U-7Mo-Zr dibuat dengan cara peleburan terhadap campuran logam U, Mo dan Zr di dalam tungku peleburan busur listrik dan dalam media gas argon pada tekanan 0,6 bar. Gas argon digunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi uranium selama proses peleburan. Makalah ini bertujuan untuk menyajikan data mikrostruktur dan kekerasan dari paduan U-7Mo-xZr melalui pengujian mikrostruktur dan kekerasan.

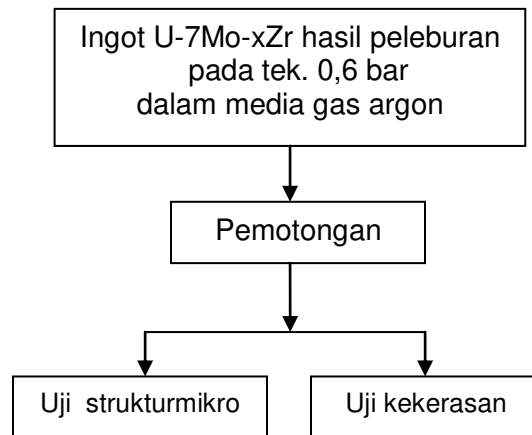
## METODA

Bahan: Logam (U deplesi, Mo, Zr), bahan mounting, kertas gerinda, pasta alumina, bahan kimia etsa.

Alat: Tungku busur listrik, Mesin potong *Accutom*, Mesin gerinda/ poles, Mesin cuci ultrasonik, Mesin pengering, Mikroskop optik digital, Alat uji kekerasan *Vickers*.

Langkah kerja:

Paduan U-7Mo-Zr berkadar masing-masing 1, 2, dan 3%Zr dibuat melalui proses peleburan di dalam tungku busur listrik bermedia gas Argon pada tekanan 0,6 bar. Setiap komposisi paduan dilebur selama 1 menit dengan 5 kali pengulangan<sup>[3]</sup>. Ingot U-7Mo-Zr hasil peleburan dipotong-potong menjadi beberapa bagian. Potongan ingot hasil leburan selanjutnya dimounting, diampelas sampai halus dan dipoles untuk sampel uji mikrostruktur dan uji kekerasan. Pengujian strukturmikro dilakukan dengan Mikroskop Optik digital dan pengujiankekerasan menggunakan cara *Vickers*. Secara garis besar diagram proses analisis ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Proses Analisis

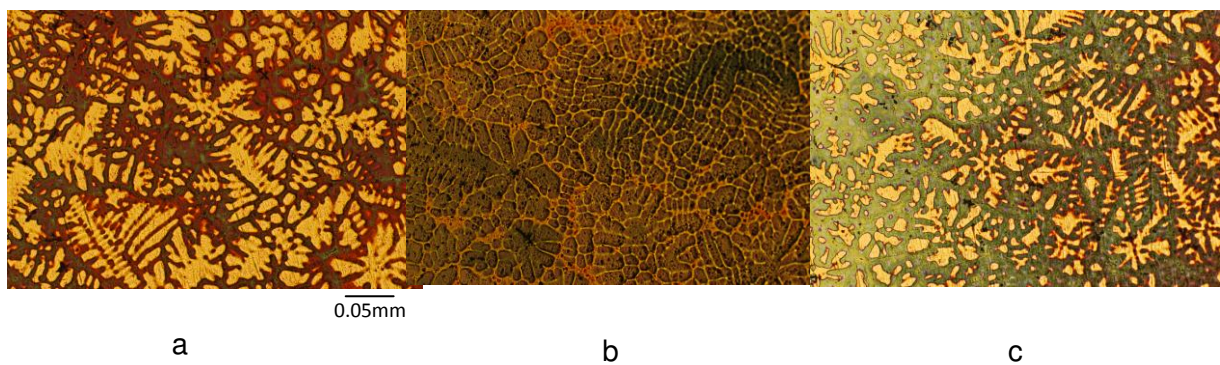
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses peleburan terjadi pencairan logam U, Mo dan Zr serta bereaksi membentuk senyawa U-7Mo-xZr. Selama proses peleburan, busur listrik digerakan searah jarum jam, dengan tujuan untuk untuk mempercepat reaksi. Pada proses peleburan campuran logam U, Mo dan Zr pada bagian atas mencair sedangkan yang berada di bagian bawah yang bersinggungan dengan cawan lebur tidak mencair sempurna karena sebagian panas peleburan diserap oleh air pendingin yang mengalir di bawah dasar cawan. Untuk memperoleh ingot paduan U-7Mo-xZr yang homogen maka peleburan dilakukan secara berulang-ulang dan dibolak balik. Ingot hasil leburan berbentuk lempengan dengan diameter sekitar 17 mm dan tebal 5 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 2.

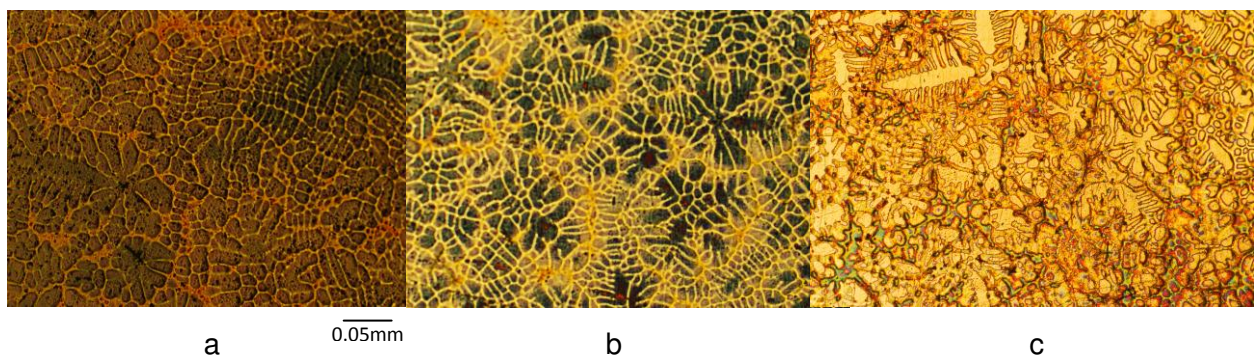


Gambar 2. Ingot Paduan U-7Mo-xZr

Struktur mikro ingot untuk paduan U-7Mo-Zr dari posisi tepi, tengah dan tepi ditunjukkan pada Gambar 3 (a, b dan c). Dari Gambar 3, terlihat pada bagian tepi ingot yang berdekatan dengan pendingin terbentuk dendrit yang memanjang dan bercabang, sedangkan pada bagian tengah butiran cenderung bulat dan seragam. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada saat proses pendinginan bagian tepi ingot lebih cepat dingin dibanding pada bagian tengah, sehingga pada bagian tengah sempat terjadi pertumbuhan butir dan terlihat butir lebih besar <sup>[4]</sup> (Gambar 4).



Gambar 3. Struktur mikro Paduan U-7Mo-Zr (a) bagian tepi, (b) tengah dan (c) bagian tepi



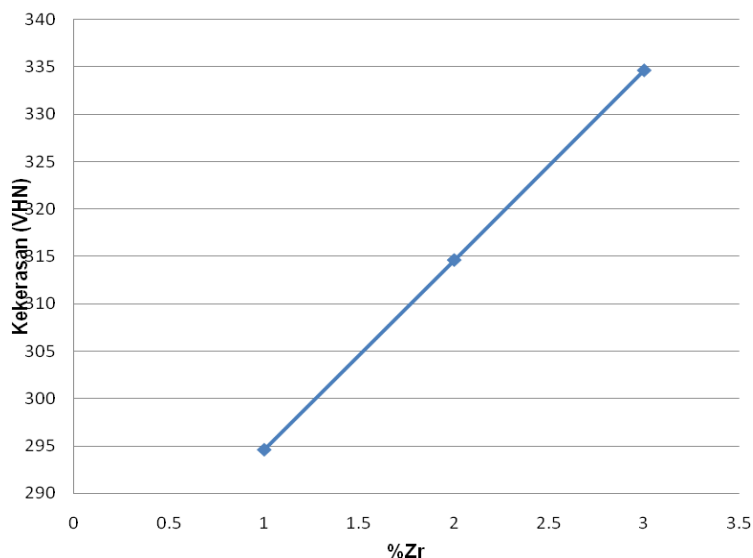
Gambar 4. Mikrostruktur Paduan U-7Mo-xZr pada bagian tengah, a.1%Zr, b.2%Zr, c.3%Zr

Hasil uji kekerasan dengan menggunakan uji kekerasan *Vickers* ditampilkan dalam Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa kekerasan rata-rata paduan U-7Mo-xZr naik seiring dengan kenaikan persentase unsur Zr didalam paduan. Kenaikkan kekerasan tersebut kemungkinan disebabkan karena terbentuknya fasa baru akibat

kelarutan Zr dalam uranium telah terlampaui. Unsur Zr yang larut tersebut akan menimbulkan medan tegangan disekitarnya dan akan menyebabkan sulitnya gerakan dislokasi. Akibat gerakan dislokasi yang semakin sulit tersebut maka kekerasan semakin tinggi. Kekerasan paduan U-7Mo-xZr (x=1%, 2% dan 3%) berturut turut adalah 294,6 VHN, 314,6 VHN dan 334,6 VHN.

Tabel 1. Kekerasan Paduan U-7Mo-xZr

No.	Kode Sampel	VHN	VHN rerata
1.	U-7Mo-1%Zr	296; 289; 296; 293; 299	294,6
2.	U-7Mo-2%Zr	313; 310; 321; 317; 312	314,6
3.	U-7Mo-3%Zr	332; 334; 334; 341; 332	334,6



Gambar 5. Grafik Kekerasan Paduan U-7Mo-xZr

## KESIMPULAN

Karakterisasi terhadap ingot paduan U-7Mo-xZr hasil proses peleburan diperoleh strukturmikro paduan pada bagian tepi dengan bentuk dendrit yang memanjang dan bercabang, sedangkan pada bagian tengah butiran cenderung bulat dan seragam. Kekerasan paduan naik seiring dengan naiknya persentase Zr didalam paduan.

Kekerasan paduan U-7Mo-xZr (x=1%, 2% dan 3%) berturut turut adalah 294,6 VHN, 314,6 VHN dan 334,6 VHN.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonim,” Proses Produksi bahan bakar dispersi  $U_3Si_2/Al$  dengan uranium pengayaan  $\pm 19,75\%$   $^{235}U$ ”, PT. Batan Teknologi (persero), Serpong.
- [2]. Kaufman, A.R, Nuclear Reactor Fuel Elements, Metallurgy and Fabrication, New York,: John Wiley & Sons Inter Science Publishers 1962.
- [3]. Supardjo, Agoeng K, Boybul,” Pembuatan Ingot Paduan U-7Mo-xZr Dengan Menggunakan Teknik Peleburan Dan Karakterisasinya,” Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, URANIA, ISSN 0852-4777, Akreditasi No.:265/AU1/P2MBI/05/2010, Vol. 17 No 3, Oktober 2011.
- [4]. Supardjo, Hadi S., Agoeng K., “Karakteristik Paduan U-7%Mo-xSi (x=1, 2 dan 3%) Hasil Peleburan dalam Tungku Busur Listrik,” Urania ISSN 0852-4777 vol.15 No.4,Oktober 2009.